

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-36834

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 14/00			H 0 4 B 9/00	E
14/02			G 0 2 F 1/35	5 0 1
G 0 2 B 6/00			G 0 2 B 6/00	E
6/12			6/12	F
G 0 2 F 1/35	5 0 1		H 0 4 B 9/00	U

審査請求 有 請求項の数 4 F D (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-207644

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 御園 雅俊

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 逸見 直也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

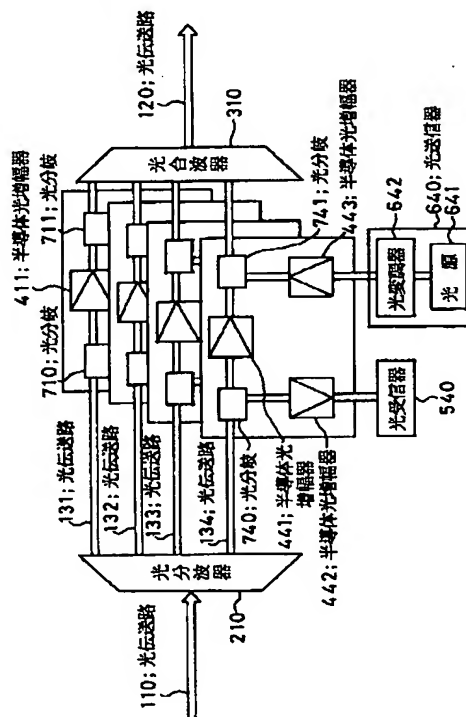
(74) 代理人 弁理士 加藤 朝道

(54) 【発明の名称】 光分岐挿入回路

(57) 【要約】

【課題】 挿入損失がなく、また光レベル等化器として作用することのできる、高速で小型な光分岐挿入スイッチを提供する。

【解決手段】 光分波器210により波長毎に分けられた各々の光を光分岐710~740を用いて分岐し、光伝送路に半導体光増幅器を設置する。その半導体光増幅器に電流を注入する、あるいは注入しないことによりON、OFF動作を行う。各波長の光伝送路に設けられた半導体光増幅器411~431の利得を変化させることにより光レベル等化を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波するための光分波器と、
前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、

を備え、

前記複数の光伝送路がそれぞれ、

第1の光分岐と、

前記第1の光分岐の一の出力に接続された光受信器と、

前記第1の光分岐の他の出力に接続された半導体光増幅器と、

前記半導体光増幅器の出力に一の入力に接続された第2の光分岐と、

前記第2の光分岐の他の入力に接続された光送信器と、
を備え、

前記第2の光分岐の出力に接続された光合波器を備え、
前記光合成器から光伝送路へ波長多重光を出力する、
ことを特徴とする光分岐挿入回路。

【請求項2】前記第1の光分岐の一の出力と前記光受信器との間に第2の半導体光増幅器が挿入され、及び／又は、前記第2の光分岐の他の入力と前記光送信器との間に第3の半導体光増幅器が挿入されたことを特徴とする請求項1記載の光分岐挿入回路。

【請求項3】前記光送信器が光源と光変調器とを備えたことを特徴とする請求項1又は2記載の光分岐挿入回路。

【請求項4】入力された波長多重光を各波長毎に分波するための光分波器と、

前記光分波器の出力にそれぞれ接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、

前記複数の光伝送路内をそれぞれ伝送された光を入力とし、これらを合成して出力する光合成器と、を備え、

前記複数の光伝送路はそれぞれ、前記光分波器の出力端に一端が接続された1入力2出力型光分岐と、前記光合成器の入力端に出力端が接続された2入力1出力型光分岐と、を備え、

前記1入力2出力型光分岐の一の出力端と前記2入力1出力型光分岐の一の入力端との間に挿入されてなる半導体光増幅器を備え、

前記1入力2出力型光分岐の他の出力端は直接又は第2の半導体光増幅器を介して光受信器に接続され、

前記2入力1出力型光分岐の他の入力端には直接又は第3の半導体光増幅器を介して光送信器の出力端が接続され、

前記半導体光増幅器のオン／オフ状態、前記光受信器への光信号の入力の有無、及び前記光送信器の出力光の前記2入力1出力型光分岐の他の入力端への伝送の有無を選択的に切替えて、通過、ブロードキャスト、分岐、及び挿入のいずれかを選択することを特徴とする光分岐挿入回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光伝送路間での信号の交換技術に係り、特に波長多重信号を扱う光交換技術に関する。

【0002】

【従来の技術】リング型波長多重ネットワークのノードの2つの従来例を、図4と図5にそれぞれ示す。

【0003】図4に示す従来例は、ワグナー（R. E. Wagner）らによる論文（第5回オプトエレクトロニクス コンファレンス（Fifth Optoelectronics Conference（OEC '94）、論文集第178～179頁））に記載されたものである。

【0004】図4を参照して、光伝送路110を流れる信号光は、光分波器210により各波長毎に分波される。一部の波長の信号光については、光受信器510によって終端され、等しい波長の信号光が光送信器610により送信される。

【0005】互いに異なる波長を持つ各信号光は、光減衰器811～81mによってレベルを等化された後、光合波器310によって波長多重され、1本の光伝送路120へと送出される。

【0006】光分波器210と光合波器310の間の光伝送路では、1つの光伝送路には1つの波長の信号光しか存在しないため、各光伝送路中に光減衰器を挿入することにより各波長の信号光のレベルを独立に制御することができる。

【0007】各波長の信号光のレベルは、光分波器210の前と光合波器310に設置されたパワーメータ910、920によって監視されている。

【0008】図5に示す従来例は、鳥羽らによる論文（第20回ヨーロッパ・コンファレンス・オン・オプティカル・コミュニケーション（20th European Conference on Optical Communication）、論文集第263～266頁、1994）に記載されたものである。

【0009】図5を参照して、光伝送路110を流れる信号光は、分岐挿入フィルタに入力される。分岐挿入フィルタ1110としては、アレイ導波路格子を用いている（なお、アレイ導波路格子およびアレイ導波路格子を用いた分岐挿入フィルタ構成については上記論文に詳細に記載されている）。

【0010】分岐挿入フィルタ1110では、特定の波長のみが分岐および挿入される。分岐挿入フィルタ1110の出力は、マッハツェンダ（Mach-Zender）型光フィルタ1210によりレベル等化を行った後、光伝送路120に出力される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記の2つの従来例において、光合波器、光分波器、分岐挿入フィルタの挿入損失は波長依存性を持つ。

3

【0012】このほか、分岐挿入回路や光伝送路における損失を補うための、Erドープ光ファイバ増幅器の利得も波長依存性を持つ。

【0013】このため、波長多重された光の各チャンネル間にレベル差が生じる。これらを多段に接続すると、このレベル差が蓄積し、大きなものとなる。

【0014】これを解決する方法として、ワグナー（Wagner）らは光減衰器（図4参照）、鳥羽らはマッハツェンダ型フィルタの挿入損失（図5参照）の波長依存性を利用して、

【0015】しかし、ワグナー（Wagner）らの方法は、(1)波長数に等しい光減衰器、分岐挿入回路、光パワーモニタが必要となるため装置が大きくなるという問題を有する他、さらに(2)光減衰器を用いるため信号光の損失が大きいという問題を有している。

【0016】また、鳥羽らの方法は、(1)分岐挿入フィルタとレベル等化器が必要になるので、装置が大きくなるという問題を有する他、さらに(2)障害時のループバック等により光レベルに大きな変化が生じたときに対応できない、(3)フィルタ挿入損失の波長依存性はフィルタの温度を変えることによって変化させるので応答が遅い、(4)マッハツェンダ型フィルタの挿入損失の波長に対する変化は緩やかなため隣接チャンネル間の大きなレベル差等には対応できない、(5)フィルタ挿入損失が大きい、等の各種問題を有している。

【0017】従って、本発明の目的は、上記従来例の問題点を解消し、損失がなく、各波長の信号光のレベルを独立、高速に制御でき、信号光の分岐挿入とレベル等化をともに行うことができる分岐挿入回路を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明は、光伝送路から入力された波長多重光を各波長毎に分波するための光分波器と、前記光分波器の出力に接続され波長毎に分離された光を伝送するための複数の光伝送路と、を備え、前記複数の光伝送路がそれぞれ、第1の光分岐と、前記第1の光分岐の一の出力に接続された光受信器と、前記第1の光分岐の他の出力に接続された半導体光増幅器と、前記半導体光増幅器の出力に一の入力に接続された第2の光分岐と、前記第2の光分岐の他の入力に接続された光送信器と、を備え、前記第2の光分岐の出力に接続された光合波器を備え、前記光合成器から光伝送路へ波長多重光を出力する、ことを特徴とする光分岐挿入回路を提供する。

【0019】本発明は、好ましくは、前記第1の光分岐の一の出力と前記光受信器との間に第2の半導体光増幅器が挿入され、及び／又は、前記第2の光分岐の他の入力と前記光送信器との間に第3の半導体光増幅器が挿入されたことを特徴とする。

【0020】

4

【作用】本発明に係る光分岐／挿入回路は、図2に示すように、 1×2 スイッチと、 2×1 スイッチをもとに構成されている。

【0021】まず、図2（A）に示した 1×2 スイッチの動作について説明する。光ファイバや光導波路などの光伝送路を分岐させ、分岐後の光線路の両方に光が伝わるようにする。分岐比は、 $1:1$ 、あるいは $10:1$ など要求に応じて任意の値とすることができる。

【0022】半導体光増幅器は、電流を注入しないと入射した光を吸収するが（オフ状態）、電流を注入すると注入電流の値に応じた利得（入力信号光に対する光学利得）を持つ（オン状態）。なお、半導体光増幅器の増幅波長帯は光通信波長に対応して例えば $1.5 \mu\text{m}$ 帯、あるいは $1.3 \mu\text{m}$ 帯等とされる。

【0023】2つの出力側光伝送路にそれぞれ挿入された2台の半導体光増幅器のうち一方のみをオン状態とすれば、一方の光伝送路にのみ光を出力することができる。

【0024】また、2台の半導体光増幅器の両方をオン状態とすれば、両方の光伝送路に光を出力することができる（これを「ブロードキャスト（broadcast）」という）。

【0025】従って、注入電流を、半導体光増幅器の利得が分岐損失、伝搬損失などの損失の合計に等しくなるような値とすれば、挿入損失のないスイッチとなる。

【0026】さらに、半導体増幅器への注入電流を大きくすることにより、増幅作用をあわせ持ったスイッチとすることができる。

【0027】図2（B）に示すスイッチは、2入力1出力のスイッチである。一方の半導体光増幅器のみをオン状態とすることにより一方の入力の光のみを出力させることができる。

【0028】また、2つの入力側の光伝送路にそれぞれ挿入された2台の半導体光増幅器の両方をオン状態とすると、2つの入力光伝送路から入力された光が合波され、一つの光伝送路に出力される。

【0029】図1に示す光分岐／挿入回路は、図2を参照して説明した上記 1×2 スイッチ、 2×1 スイッチを組み合わせたものであり、オン状態とする半導体光増幅器を選択することにより、分岐、挿入、通過、ブロードキャスト（broadcast）の各状態間での切替が波長毎に独立に行える。

【0030】この光分岐挿入回路の光レベル等化器としての作用について説明する。

【0031】光分波器によって異なる波長毎に分波されたあとの各光伝送路において、各半導体光増幅器への注入電流を調節して各半導体光増幅器の利得（光学利得）を変化させ、各波長の光のレベルを等しくすることができる。

【0032】このためには、光レベルを監視する必要が

5

あるが、光にサブキャリア信号を重畳すれば、半導体光増幅器の端子電圧変化から光レベルを得ることができるということが、マリヨン (D. J. Malyon) らによる論文 (エレクトロニクス・レターズ (Electronics Letters)、第25巻、第235頁、1989年) に記載されている。

【0033】また、光分波器、光合波器およびスイッチ中の光伝送路を半導体光導波路とすることにより、集積化を図ることができるので装置が小さくなる。

【0034】そして、半導体光増幅器の応答速度は、通常数ns (ナノ秒) であるため、高速な切替 (スイッチング)、および光レベル等化が行える。

【0035】

【発明の実施の形態】図面を参照して、本発明の実施の形態を以下に説明する。

【0036】図1は本発明の一実施形態の構成を示す図である。

【0037】図1を参照して、光伝送路110には、波長1548nm、1552nm、1556nm、1560nmの4つの光が波長多重されている。

【0038】これらの光は光分波器210によってそれぞれ異なる光伝送路131~134に出力される。すなわち、光伝送路131~134の各々にはただ一つの波長の光のみが存在する。

【0039】光伝送路134を流れる波長1560nmの光は、分岐比1:1の光分岐740によって2つの経路に分岐され、それぞれ半導体光増幅器441、442に入力される。

【0040】半導体光増幅器442の出力は光受信器540に接続されている。一方、半導体光増幅器441の出力は光分岐741に接続されている。

【0041】また、光源641と光変調器642からなる光送信器640の出力が半導体光増幅器443を介して光分岐741に接続されている。

【0042】光分岐741では、2つの入力光のパワーが等しく加えられる。

【0043】光分岐741の出力は、光合波器310に接続されている。他の波長の光が流れる光伝送路131~133についても同様な構成を介して光合波器310に接続されている。

【0044】半導体光増幅器442と半導体光増幅器443とともにオフ状態とし、半導体光増幅器441をオン状態とすると、光伝送路110から入射した波長1560nmの光は、この光分岐挿入回路が設置されたノードにおいて受信されることなく、また新たな信号を加えられることなく光伝送路120へ出力される (「通過」という)。

【0045】そして、半導体光増幅器441と半導体光増幅器442とともにオン状態とし、半導体光増幅器443をオフ状態とすると、光伝送路110から入射した波長1560nmの光は、この光分岐挿入回路が設置されたノードにおいて受信されると同時に、光伝送路120へと出力される (「ブロードキャスト (broadcast)」という)。

6

【0046】これら2つの場合において、半導体光増幅器441の利得を、光分波器210、光伝送路134、光分岐740、741、光合波器310の損失の合計と等しくすれば、スイッチの挿入損失は0 (0 dB) となる。

【0047】また、半導体光増幅器441をオフ状態、半導体光増幅器442をオン状態とすると、光伝送路110から入射した波長1560nmの光は、この光分岐挿入回路が設置されたノードにおいて受信される (「分岐」という)。

【0048】このとき、半導体光増幅器443をオン状態とすると、光送信器640を用いて、波長1560nmの信号光により、受信信号とは異なる新たな信号を光伝送路120へと出力できる (「挿入」という)。

【0049】「通過」、及び「ブロードキャスト (broadcast)」の場合において、半導体光増幅器443をオフ状態とするのは、半導体光増幅器441の出力光が、光送信器640からの光と光分岐741において干渉して信号が劣化することを回避するためである。

【0050】なお、この2つの場合 (すなわち、通過、及びブロードキャスト) において、光送信器640から光が出射されないことが保証できれば、半導体光増幅器443は不要である。

【0051】また、全ての場合 (すなわち、通過、ブロードキャスト、分岐、及び挿入) において、光受信器540に常に光が入射することが許される場合、半導体光増幅器442は不要である。

【0052】半導体光増幅器442と半導体光増幅器443は、両方とも設置しても、いずれか一方のみ設置しても、あるいは両方とも設置しなくてもよい。

【0053】次に、本発明の一実施形態の分岐/挿入回路の光レベル等化器としての作用効果について説明する。

【0054】信号光を出射する際、光源641を直接変調する、あるいは光源641からの出力を外部変調器642に入力することによりサブキャリア信号を重畳する (図1は後者について示してある)。このサブキャリア重畳は、すべてのノードのすべての光送信器において行われている。

【0055】「通過」および「ブロードキャスト (broadcast)」の場合、各波長の信号光は半導体光増幅器411~441を通過する。

【0056】前記「作用」の欄で既に説明したように、各半導体光増幅器の端子電圧を監視することにより、各半導体光増幅器出力光レベルを知ることができる。

【0057】これら光レベルがすべて等しくなるように各半導体光増幅器への注入電流を調節することにより、光レベル等化が行える。

【0058】「挿入」の場合には、通過する光のレベルと、挿入する光のレベルが等しくなるように光送信器640、あるいは半導体光増幅器443の出力レベルを制御すればよい。

【0059】図3に、本発明の一実施形態を適用してなる光通信ネットワークの構成例を示す。図3において、ノード1010からノード1030への通信は、通常、光伝送路140を介して行われているものとする。

【0060】そして、光伝送路140に障害が起こったときは、経路を切り替え、光伝送路150、160を通じてノード1010からノード1030への通信を行う。

【0061】この経路切替の際、通過する光増幅器、光分波器、光合波器などの数が増えるため、波長多重された光のレベル差に変化が生じるが、本発明の一実施形態に係る分岐挿入回路を用いれば、上記のようにレベルを等化することができる。

【0062】また、図1を参照して、光分波器210、光伝送路131～134、光分岐710～741、半導体光増幅器411～443、光合波器310は一枚の半導体基板上に集積化することができるため、装置が小型化される。

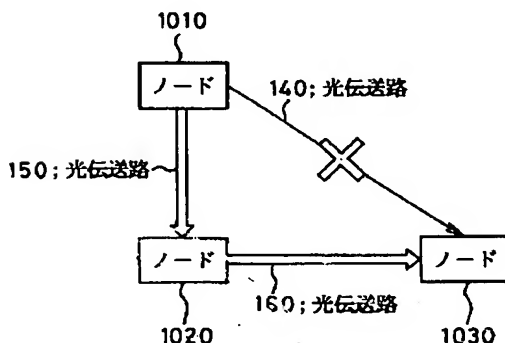
【0063】なお、本発明においては、各光伝送路における波長多重数は上記実施形態で説明した「4」に限定されるものでなく、3、4、8、16、32、100等、任意の自然数とすることができる。また、入力光の波長は、1.5 μm 帯だけでなく、例えば1.3 μm 帯など半導体光増幅器が作製できる波長であれば良い。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光信号の分岐、挿入、通過の各状態の切替が行なえるだけでなく、ブロードキャストすることもできる。そして、本発明によれば、これらの各状態において、スイッチの挿入損失をなくすることができるばかりでなく、さらに所定の利得を持たせることもできる。

【0065】また、本発明によれば、各波長毎に分波されたあとの各光伝送路において、それぞれの伝送路に接続された半導体光増幅器の利得を変化させることにより、分岐された各波長の光のレベルを等しくすることができる。

【図3】



【0066】さらに、本発明によれば、光分波器、光合波器、光導波路を半導体基板上に作成することにより、装置を小型化することができるという効果を有する。

【0067】さらにまた、本発明によれば、スイッチの能動素子として半導体光増幅器を用いているので、所要時間が数ns（ナノ秒）程度の高速な切替、光レベル等化が行えるという利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光分岐挿入回路の構成を示す図である。

【図2】（A）半導体光増幅器を用いた1×2スイッチの構成原理を説明するための図である。

（B）半導体光増幅器を用いた2×1スイッチの構成原理を説明するための図である。

【図3】本発明の一実施形態の適用例を説明するための図であり、光伝送路に障害が起きた際の、光経路の迂回を示す図である。

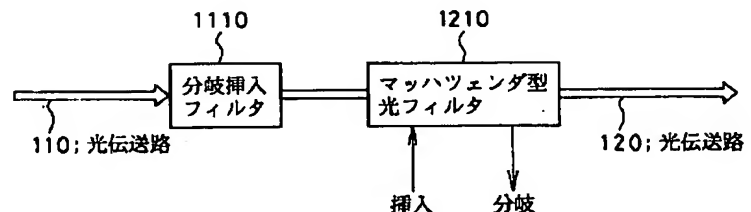
【図4】従来の光分岐挿入回路の構成を示す図である。

【図5】従来の光分岐挿入回路の構成を示す図である。

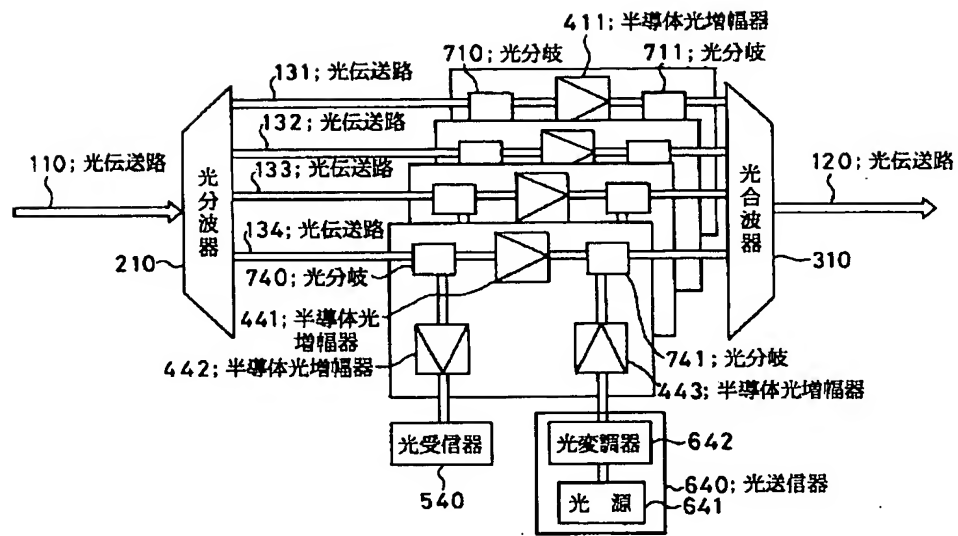
【符号の説明】

110、120、131、132、133、134、140、150、160 光伝送路
 210 光分波器
 310 光合波器
 411～443 半導体光増幅器
 510～540 光受信器
 610～640 光送信器
 710～741 光分岐
 811～81m 光減衰器
 910、920 パワーメータ
 1010、1020、1030 ノード
 1110 分岐挿入フィルタ
 1210 マッハツェンダ型光フィルタ

【図5】

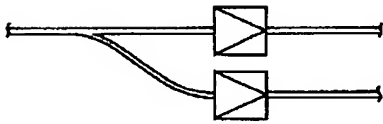


【図1】

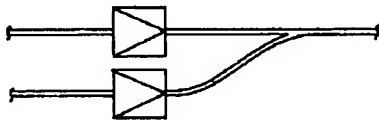


【図2】

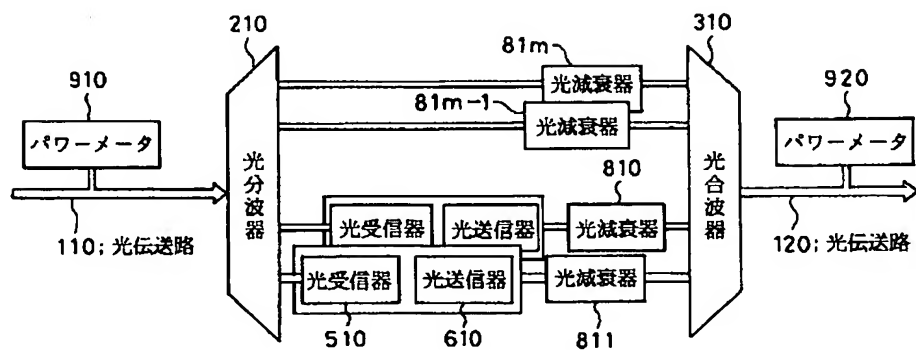
(A)



(B)



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 4 B 10/02

H 0 4 L 12/00

識別記号

庁内整理番号

9466-5K

F I

H 0 4 L 11/00

技術表示箇所